

УДК 623.626

Моделирование совместного применения средств радиоэлектронной борьбы и огневого поражения в интересах повышения эффективности борьбы за превосходство в управлении

Козлитин С. Н., Козирацкий Ю. Л., Будников С. А.

Постановка задачи: возросшие потенциальные возможности совместного применения сил и средств радиоэлектронного подавления, огневого поражения и специальных программных воздействий определяют необходимость оперативного распределения ресурса (задач) радиоэлектронной борьбы (РЭБ). Применение сил и средств РЭБ в сочетании с огневым поражением радиоэлектронных и информационно-технических объектов системы управления РЭБ противника приводит к завоеванию превосходства в управлении и, как следствие, быстрому достижению решающего превосходства и завоеванию инициативы в операции. **Целью работы** является исследование конфликтного взаимодействия противоборствующих сторон в виде единой конфликтной системы, учитывающей новые внутри- и внешнесистемные взаимосвязи процессов комплексного применения средств радиоэлектронного подавления, огневого поражения и специальных программных воздействий против радиоэлектронных и информационно-технических объектов системы управления РЭБ противника. **Используемые методы:** для моделирования конфликтного взаимодействия использованы математические методы теории многоуровневых иерархических систем, теории марковских процессов, теории вероятностей, вычислительной математики, а также теории графов. **Новизна.** Элементом новизны представленного решения является учет, в виде дополнительных дуг графа восходящего и нисходящего формирования, условий протекания процессов в многоуровневой модели конфликта, включающего, с одной стороны, радиоэлектронные и информационно-технические объекты из состава систем управления силами и средствами РЭБ противника, и, с другой стороны, системы и средства огневого поражения, радиоэлектронного подавления и специальных программных воздействий, выделенных для завоевания превосходства в управлении. Структура сложного конфликта представлена в виде последовательного формирования условий, возникающих в процессе конфликтов разных уровней иерархии, возможные исходы которого будут являться условиями протекания конфликта другого уровня. **Результат:** модель, позволяющая определить требуемые вероятностно-временные характеристики своих подсистем управления и обосновать объемы, выделяемых для поражения объектов автоматизированной системы управления РЭБ противника, ресурсов огневого поражения, радиоэлектронного подавления и специальных программных воздействий. **Практическая значимость:** результаты исследования можно использовать при разработке информационно-расчетных систем, что позволит повысить эффективность борьбы за превосходство в управлении, и, как следствие, достичь высокой эффективности применения основных систем вооружения за счет учета новых факторов быстропротекающих конфликтных процессов, задаваемых характеристиками подсистем противника и своих подсистем.

Ключевые слова: радиоэлектронная борьба, распределение ресурса, превосходство в управлении.

Библиографическая ссылка на статью:

Козлитин С. Н., Козирацкий Ю. Л., Будников С. А. Моделирование совместного применения средств радиоэлектронной борьбы и огневого поражения в интересах повышения эффективности борьбы за превосходство в управлении // Системы управления, связи и безопасности. 2020. № 1. С. 49-73. DOI: 10.24411/2410-9916-2020-00001.

Reference for citation:

Kozlitin S. N., Koziratsky Yu. L., Budnikov S. A. Electronic warfare and fire damage means joint use modeling for improving a superiority of control struggle efficiency. *Systems of Control, Communication and Security*, 2020, no. 1, pp. 49-73. DOI: 10.24411/2410-9916-2020-00001 (in Russian).

Актуальность

В условиях появления новых оперативно-стратегических концепций боевого применения Вооруженных Сил РФ, информационное превосходство и возможность его поддержания в ходе операции (боя), а также активное применение сил и средств радиоэлектронной борьбы (РЭБ) приводит к существенному доминированию в применении обычных систем вооружения в наземных операциях. При этом итоги учений войск и результаты исследований показывают, что одной из основных ролей в активной составляющей достижения информационного превосходства и борьбе за превосходство в управлении принадлежит силам и средствам РЭБ [1]. Вместе с тем доказана необходимость упреждающего ведения РЭБ, обеспечивающего создание благоприятных условий для оперативной реализации боевых возможностей своих основных систем вооружения (ОСВ) [2]. В ряде работ, например, [3, 4] определены пути достижения информационного превосходства, а также обоснованы формы и способы совместного применения сил и средств РЭБ и средств огневого поражения для завоевания превосходства в управлении в операциях объединения Сухопутных войск (СВ).

Не вызывает сомнений, что радиоэлектронное или огневое поражение объектов, относящихся к информационно-управляющим системам противостоящей группировки войск (сил) противника, может привести к существенному снижению эффективности ударов (огня) его ОСВ и, как следствие, к быстрому достижению решающего превосходства и завоеванию инициативы.

Дополнительно к этому, расширение возможностей РЭБ, связанное с появлением новых методов и способов информационно-технического воздействия [5] на информационно-технические объекты автоматизированной системы управления (АСУ) войсками и оружием (В и О) противника, определяет необходимость учета эффективности в том числе таких новейших форм завоевания информационного превосходства в действиях сил и средств РЭБ.

В то же время очевидно, что повышение эффективности управления системой РЭБ у одной из противоборствующих сторон и снижение ее у другой способны повлиять не только на эффективность РЭБ, но и на общее соотношение сил, ход и исход операции. Поэтому в борьбе за превосходство в управлении можно достичь преимуществ в ходе операции за счет воздействий на систему управления РЭБ противника, в результате которых снизится эффективность помеховых воздействий на нашу систему управления и обеспечится информационное превосходство в операции.

Основой методологической базы борьбы за превосходство в управлении является теория информационного конфликта. Анализ известных публикаций в области методологии исследования информационного конфликта, показывающий актуальные направления развития исследований информационного конфликта такие, как: учет факторов сложности и многоуровневости конфликтующих систем, многоэтапности протекания конфликта; учет скрытых воздействий в процессе конфликта, а также учет динамических свойств конфликта за счет его формализации на основе теории динамических систем приведен в [6].

Общетеоретические работы в области конфликта сложных систем появились достаточно давно, хотя ориентированы они были на исследование динамики изменений биосферы, экосферы, ноосферы. Концепция конфликта широко применялась в исследованиях сложных крупномасштабных экономических и эргатических систем. Среди зарубежных исследователей в области исследования конфликтных ситуаций и исследования операций наиболее заметны работы Дж. Моудера и Т. Саати [7, 8]. Другими зарубежными исследователями конфликт систем РЭБ рассматривался с позиции теории игр [9]. Так, конфликтные ситуации, возникающие при подавлении радиосвязи, в условиях временных ограничений моделировались как динамические антагонистические игры двух игроков [10], позволяющие определить оптимальные стратегии поведения игроков в условиях полной определенности о действиях сторон.

Однако сформулированные в отечественной и зарубежной литературе методология и главные утверждения теории социальных, политических, управленческих, психологических конфликтов [11] в терминах структурной, вероятностной, динамической, теоретико-игровой и структурно-игровой моделей при систематическом исследовании боевых действий не учитывают важных особенностей технической и информационной составляющих многоуровневого и многофазного конфликта в ходе борьбы за превосходство в управлении, существенно важных при исследовании боевых действий.

Опираясь на конфликтную сущность РЭБ, вопросам развития методологии современной РЭБ [12] и совершенствованию систем и средств РЭБ [13] в разное время в научной литературе, несомненно, уделялось значительное внимание. Как отмечалось ранее, первыми наиболее значащими работами в области теории конфликта в локации являлись работы Дружинина В.В. и Конторова Д.С. [14, 15].

Впервые при исследовании эффективности способов оптико-электронного подавления конфликт РЭБ в виде единой конфликтной полумарковской системы был описан Козирацким Ю.Л. Исследованию информационного конфликта противоборствующих сторон, разработке соответствующей методологии посвящен ряд работ Владимирова В.И. [16], Козирацкого Ю.Л. [17], Козирацкого А. Ю [18, 19], Кузнецова В.И. [20, 21]. В работе Шляхина В.М. [22], посвященной развитию теории радиоэлектронного конфликта в радиолокации, исследовались взаимосвязи качественных характеристик противостоящих радиолокационных систем различного базирования и средств радиоэлектронной борьбы с качественными динамическими характеристиками и их влияние на исход конфликта в целом.

Помимо работ, посвященных описанию конфликтных ситуаций и конфликтному взаимодействию информационных и информационно-управляющих систем [23-27], выполненных в настоящее время, известна работа [28], которая учитывает неоднородность этих процессов и дополнительные ограничения

Однако в этих работах не учитывается активное противодействие системам управления и, в свете этого, указанные научные разработки не могут адекватно описать конфликт систем, решающих задачи по завоеванию превосходства в управлении, в том числе и управлении РЭБ.

Как следует из этого анализа, несмотря на обилие выполненных в области информационного конфликта теоретических работ и большой существующий научный задел, до настоящего времени вопросам развития методического обеспечения обоснования совместного применения сил и средств РЭП, огневого поражения и СПВ, выделяемых для завоевания превосходства в управлении РЭБ, не уделялось достаточного внимания.

Постановка задачи

Поэтому, несмотря на имеющийся задел по определению способов боевого применения сил и средств РЭБ объединения СВ и предложенные способы дезорганизации управления [29], в современных операциях достаточно остро стоит вопрос об учете возросших потенциальных возможностей совместного применения сил и средств радиоэлектронного подавления (РЭП), огневого поражения и специальных программных воздействий (СПВ), а также оперативного распределения ресурса (задач) РЭБ в сочетании с огневым поражением радиоэлектронных и информационно-технических объектов (РЭИТОБ) системы РЭБ противника в интересах завоевания превосходства в управлении.

В этой связи можно сделать вывод, что все это значительно меняет цели и задачи, характер применения, содержание мероприятий по завоеванию информационного превосходства и, как следствие, состав привлекаемых для этого сил и средств в операциях. Поэтому в рамках работы введем определение информационного превосходства учитывающие данные особенности. Под **информационным превосходством** будем понимать состояние явного преимущества у одной из противоборствующих сторон в оперативности (быстроте) и качестве (объеме, точности, достоверности и рациональности формата представления данных) информационного обеспечения как принимаемых решений, так и выполнения задач подчиненными [30].

Известно, что одно из составляемых информационного превосходства напрямую определяется превосходством в управлении [3]. Под *превосходством в управлении* будем понимать явное преимущество одной из противоборствующих сторон в оперативности и обоснованности генерируемых управляющих воздействий, направленных на изменение хода операции (боевых) действий применительно к складывающейся оперативной обстановке и обеспечивающих безусловное выполнение поставленной боевой задачи.

В дуэльном противоборстве сторон за превосходство в управлении в операции (боевых действиях) важное и приоритетное место занимают силы и средства РЭБ конфликтующих сторон. Поэтому в качестве отдельной, дополнительной задачи в операции (боевых действиях) в плане достижения превосходства в управлении в целом следует выделить обеспечение устойчивости управления силами и средствами РЭБ и активного противодействия системам управления силами и средствами РЭБ противника. Что приводит к необходимости рассмотрения новой предметной области *превосходства в управлении РЭБ*, рассматривающей вопросы активного противодействия системам управления силами и средствами РЭБ противника и обеспечения устойчивости управления силами и средствами РЭБ, приводящего к явному преимуществу одной из про-

тивоборствующих сторон в оперативности и обоснованности генерируемых управляющих воздействий, направленных на изменение хода РЭБ.

Системная вложенность процессов: «Борьба за превосходство в управлении РЭБ» → «Борьба за превосходство в управлении» → «Борьба за информационное превосходство» четко обозначает их взаимосвязь и определяет пути их достижения.

Это, в свою очередь, ставит новые проблемные вопросы совместного применения сил и средств РЭП, огневого поражения и СПВ, связанные прежде всего с динамическим сбалансированным перераспределением сил и средств, выделяемых для завоевания превосходства в управлении РЭБ, в соответствии с замыслом командования.

Как известно, состав привлекаемых сил и средств РЭП, огневого поражения и СПВ в динамике операции можно получить на основе имитационного моделирования процессов применения ОСВ с учетом факторов, вносимых привлекаемыми обеспечивающими силами и средствами в условиях конфликтного характера их функционирования [31]. Однако с учетом появления новых целей и задач, объектов и способов воздействия, совместное применение всего арсенала возможных средств воздействия на РЭИТОБ системы управления РЭБ противника требует дополнительного исследования этого взаимодействия в виде единой конфликтной системы в целом, учитывающей новые взаимнообуславливающие взаимосвязи, связанные с системной вложенностью процессов: «Борьба за превосходство в управлении РЭБ» → «Борьба за превосходство в управлении» → «Борьба за информационное превосходство».

Таким образом, *целью работы* является разработка модели для исследования конфликтного взаимодействия в виде единой конфликтной системы, учитывающей новые внутри- и внешнесистемные взаимосвязи, возникающие при совместном применении средств РЭП, СПВ и огневого поражения против РЭИТОБ системы управления РЭБ противника.

Результаты исследования конфликтного взаимодействия противостоящих сторон позволят повысить эффективность борьбы за превосходство в управлении и, как следствие, достичь высокой эффективности применения ОСВ за счет учета новых характеристик быстропротекающих конфликтных процессов.

Модель конфликтного взаимодействия противостоящих сторон

Группировки сил и средств противостоящих сторон, в общем случае, имеют ярко выраженную иерархическую структуру. Это допускает возможность использования для изучения конфликта известных методов исследования сложных иерархических систем и теории живучести систем.

Таким образом, структурная модель борьбы за превосходство в управлении может быть представлена как на рис. 1. Каждая из сторон представляется в виде трехуровневого стратифицированного описания. Верхняя страта — страта физических действий по завоеванию превосходства в управлении за счет огневого поражения. Вторая страта — страта информационных процессов, протекающих в АСУ В и О и в системах предварительной и исполнительной разведки. Третья страта — страта информационных конфликтных процессов, возни-

кающих при ведении РЭБ, в том числе процессов радиоэлектронного поражения (РЭПр), радиоэлектронной защиты (РЭЗ) и радиоэлектронно-информационного обеспечения (РИО). При чем различия во взглядах на формы и способы ведения РЭБ в части ведения радиоэлектронной разведки (РЭР) и электронных атак предполагают определенную асимметричность иерархий, описанных этой стратегией.

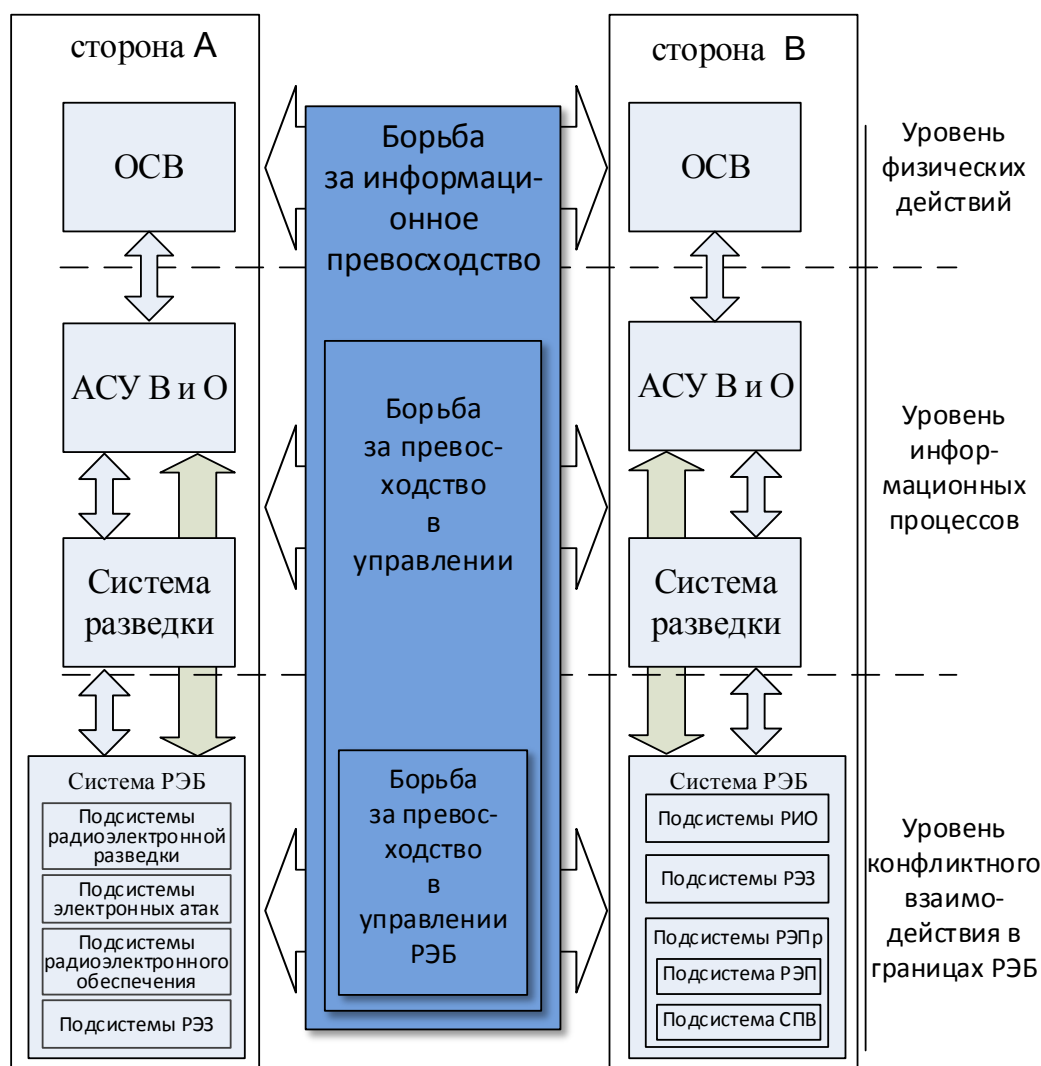


Рис. 1. Структурная модель борьбы за превосходство в управлении

Такое иерархическое представление четко определяет иерархию задач, решаемых в ходе операции (боевых действиях) по: «Завоеванию превосходства в управлении РЭБ» → «Завоеванию превосходства в управлении» → «Завоеванию информационного превосходства» и реализуемых в виде борьбы (противоборства) соответствующего уровня (см. рис. 1).

Анализ связей, возникающих между конфликтующими элементами в рамках введенного стратифицированного описания, показывает, что наличие управляющих элементов в системе управления РЭБ противника приводит к образованию общей временной последовательности взаимообусловленных действий сторон по завоеванию превосходства в управлении и взаимному ведению РЭБ.

В соответствии с этим рассмотрим типовое представление двух противоборствующих сторон А и В. Взаимодействие противоборствующих группировок может быть представлено совокупностью непрерывных двух и более сторонних физических и информационных антагонистических и соревновательных конфликтных процессов многоуровневых иерархических высокоорганизованных систем. Поэтому в интересах определения состава привлекаемых сил и средств РЭП, огневого поражения и СПВ для завоевания превосходства в управлении РЭБ рассмотрим следующие уровни стратифицированного описания: уровень ОСВ, поражающих противника, уровень управления с использованием автоматизированных систем и уровень системы РЭБ, решающей задачи как по РЭП радиоэлектронных объектов противника, так и СПВ на информационно-технические объекты противника.

Упрощенная структура подобного трехуровневого конфликтного взаимодействия ОСВ противоборствующих сторон применительно к ведению современных высокоорганизованных боевых действий в условиях борьбы за превосходство в управлении представлена на рис. 2.

При этом между противоборствующими сторонами возникает антагонистический конфликт и стороны будут стремиться упредить друг друга в решении задач по целевому предназначению. Процессы управления собственными силами и средствами сторон формируют конфликтный процесс между управляющим и управляемыми объектами в виде (форме) содружества. В этом случае взаимодействие противоборствующих сторон будет носить вид соревновательного конфликта, так как стороны будут стремиться выполнить задачи организации и управления быстрее противника. Исходы частных антагонистических и соревновательных конфликтов формируют условия для конфликтов более высокого уровня, например, конфликт уровня РЭБ определяет условия для протекания конфликтов уровня управления, конфликт уровня управления определяет условия протекания конфликтов боевого уровня применения ОСВ. Так, учитывая внутрисистемные связи, промежуточный выигрыш в конфликте систем РЭБ ведет к промежуточному выигрышу в конфликте «наша АСУ В и О – система РЭБ противника». Полученное превосходство в управлении, в свою очередь, ведет к превосходству ОСВ, т.е. к способности огневых средств успешно выполнять свои задачи, не допуская организованного противодействия средств поражения противника [32].

Это неминуемо снижает эффективность воздействия ОСВ противника, в том числе и на объекты наших АСУ и системы РЭБ. Учет подобных системных взаимосвязей позволит получить новые результаты, которые могут быть использованы при организации и ведении высокоорганизованных и технологичных боевых действий.

Подобное многоуровневое конфликтное взаимодействие удобно представлять в виде единой системы, изменение состояний которой описывается марковским процессом с дискретными состояниями и непрерывным временем [33].

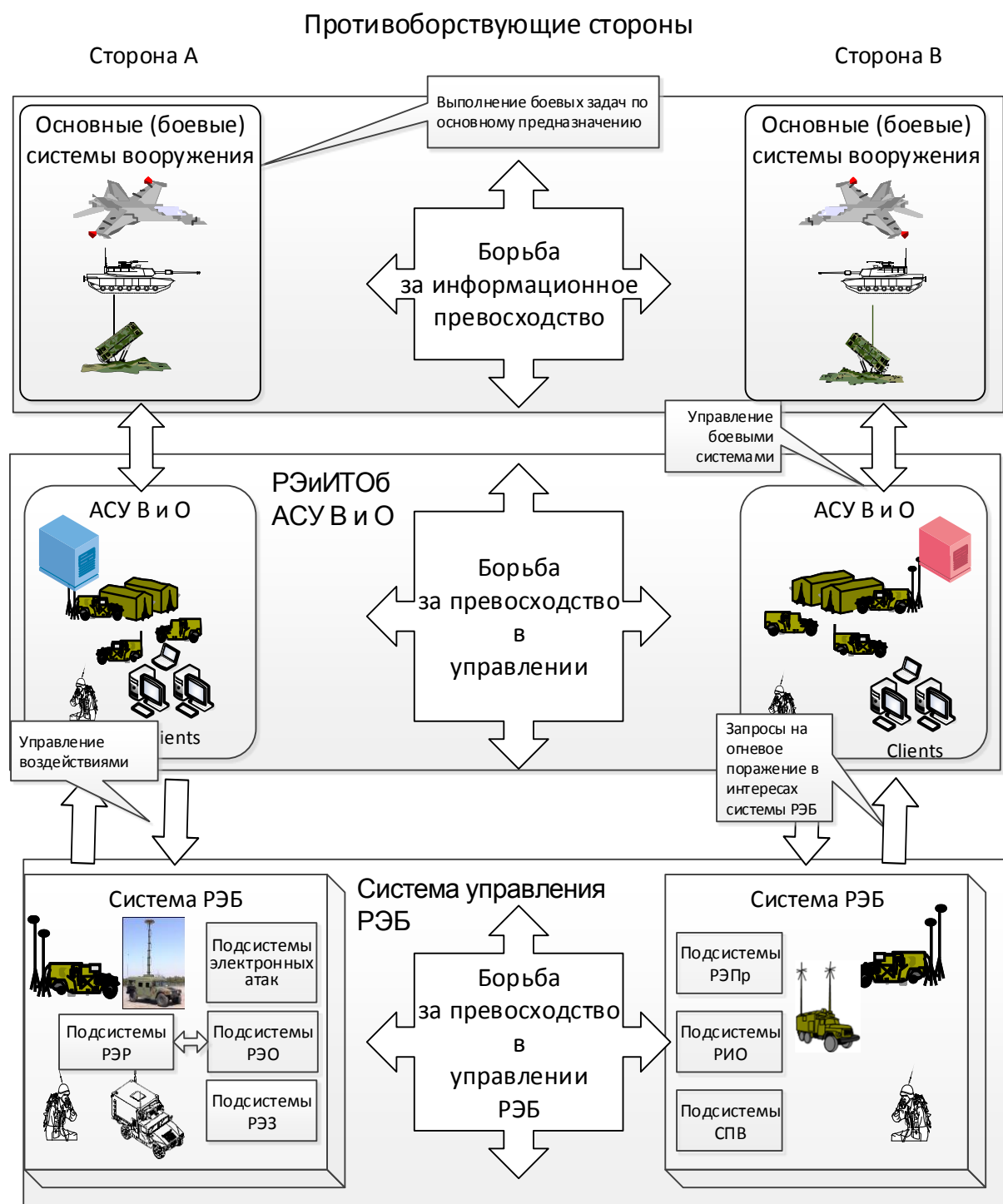


Рис. 2. Структура конфликтного взаимодействия противоборствующих сторон в условиях борьбы за превосходство в управлении

Следует отметить, что пуассоновские и близкие к ним по структуре потоки событий встречаются в ходе боевых действий наиболее часто. Тот факт, что при моделировании боевых процессов, как правило, имеет место суммирование потоков и их случайное разрежение, а также моменты возникновения отдельных событий независимы (или слабо зависимы), позволяет предположить, что пуассоновские потоки достаточно точно аппроксимируют реальные потоки в боевых процессах [34]. Поэтому описание различных боевых процессов непрерывными цепями Маркова при допущении что поток событий, переводящий

конфликтную систему из одного состояния в другое является простейшим, является достаточно точным.

Как отмечалось выше, множество независимых случайных потоков событий, переводящих конфликтную систему (нанесение огневого удара, передача целеуказания, обнаружение цели, постановка помех), образуют суммарный поток, близкий к пуассоновскому (простейшему), то для простоты условимся считать, что интенсивности внутрисистемных событий, изменяющих состояния системы, являются стационарными. В случае необходимости рассмотрения нестационарного потока событий функция его интенсивности $\lambda(t)$ может быть заменена средним значением интенсивности на исследуемом интервале времени

$$\lambda = \int_{t_1}^{t_2} \lambda(t) dt, \quad (1)$$

где t_1, t_2 – временные границы исследуемого интервала времени боевых действий (операции).

В соответствии с [35] покажем, как выражаются вероятности состояний для такого процесса конфликтного взаимодействия высокоорганизованных и технологичных сторон.

Пусть в ходе этого взаимодействия конфликтная система может находиться в множестве дискретных состояний $S_0, S_1, \dots, S_n$, переход (перескок) системы S из состояния в состояние может осуществляться в любой момент времени.

Обозначим $P_i(t)$ – вероятность того, что в момент t система S будет находиться в состоянии S_i ($i = 0, \dots, n$). Очевидно, для любого момента t сумма вероятностей состояний равна единице:

$$\sum_{i=1}^n P_i(t) = 1, \quad (2)$$

так как события, состоящие в том, что в момент t система находится в состояниях $S_0, S_1, \dots, S_n$, несовместны и образуют полную группу.

Вместо переходных вероятностей P_{ij} введем в рассмотрение плотности вероятностей перехода λ_{ij} .

Пусть конфликтная система S в момент t находится в состоянии S_i . Рассмотрим элементарный промежуток времени Δt , примыкающий к моменту t .

Назовем плотностью вероятности перехода λ_{ij} предел отношения вероятности перехода системы за время λ_{ij} из состояния S_i в состояние S_j к длине промежутка Δt :

$$\lambda_{ij} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P_{ij}(\Delta t)}{\Delta t}, \quad (3)$$

где $P_{ij}(\Delta t)$ – вероятность того, что система, находившаяся в момент t в состоянии S_i , за время Δt перейдет из него в состояние S_j (плотность вероятностей перехода определяется только для $i \neq j$).

$$P_{ji}(\Delta t) \approx \lambda_{ji} \Delta t. \quad (4)$$

58

Поясним принятые обозначения. Вершина S_0 представленного на рис. 3 графа определяет начальное состояние конфликтов на уровнях применения ОСВ, процессов управления и исследуемой системы РЭБ, достигающей своих целей в том числе и за счет проведения СПВ на РЭИИТОБ противостоящей стороны. Переходные вероятности $P_{S_0_ОСВ}$, $P_{S_0_АСУ}$, $P_{S_0_РЭБ}$ характеризуют переход конфликта из начального состояния к формированию конфликта на соответствующей страте с интенсивностями (плотностью вероятности) $\lambda_{ОСВ}$, $\lambda_{АСУ}$, $\lambda_{РЭБ}$. Вершины представленного графа $S_{ОСВ}$, $S_{АСУ}$, $S_{РЭБ}$ формализуют возникновение конфликта в момент времени t между ОСВ или АСУ или РЭБ. В свою очередь, вершины графа $S_{ОСВ}^A$ и $S_{ОСВ}^B$ определяют состояния выигрыша в конфликте сторон на уровне применения ОСВ с вероятностями $P_{ОСВ_A}(t)$ и $P_{ОСВ_B}(t)$ (вероятность выигрыша в артиллерийской дуэли, танковом бою, более эффективное выполнение боевых задач огневými комплексами), вершины графа $S_{АСУ}^A$ и $S_{АСУ}^B$ – выигрыш систем управления (по сути достижения превосходства в управлении с вероятностями $P_{АСУ_A}(t)$ и $P_{АСУ_B}(t)$ и вершины $S_{РЭБ}^A$ и $S_{РЭБ}^B$ – выигрыш системы РЭБ соответствующей стороны с вероятностями $P_{РЭБ_A}(t)$ и $P_{РЭБ_B}(t)$.

При этом, как отмечалось ранее, следует отметить, что конфликт ОСВ протекает в условиях, зависящих от значений вероятностей состояний $S_{АСУ}^A$, $S_{АСУ}^B$, $S_{РЭБ}^A$ и $S_{РЭБ}^B$, т. е. с восходящим формированием условий с соответствующей переходной вероятностью. В свою очередь применение ОСВ против объектов АСУ и системы РЭБ противника также обуславливает изменение эффективности функционирования данных систем, т.е. реализуется нисходящее формирование условий с соответствующей переходной вероятностью. Например, переход $S_{ОСВ}^A - S_{АСУ}^A$, выполняемый с интенсивностью $\lambda_{ОСВ_АСУ_A}$, характеризует формирование ОСВ условий для выигрыша в конфликте на уровне АСУ (например, поражение объектов АСУ противника с переходной вероятностью $P_{ОСВ_АСУ_A}$, которую, как показано выше (см. **(Ошибка! Источник ссылки не найден.)**), с достаточной степенью точности можно заменить интенсивностью $\lambda_{ОСВ_АСУ_A}$). Исследуемые переходы, физический смысл протекаемых при этом процессов и обозначения интенсивностей переходов приведены в таблице **Ошибка! Источник ссылки не найден..**

Для простоты восприятия значения интенсивностей событий, переводящих конфликтующую систему из одного состояния в другое, связанных деятельностью сторон, могут быть записаны в виде множества значений Λ . Для графа, представленного на рис. 3, мощность данного множества равна 19, $\{\Lambda\}=19$. При этом, как отмечалось выше, интенсивности событий в конфликтующих системах представляют значения интенсивностей событий выигрыша в элементарном микроконflikте, например, выигрыш в артиллерийской дуэли, эффективная защита от огневого поражения объектов АСУ и системы РЭБ и т.д.

Таблица 1 – Физический смысл формализуемых переходов

Формализуемый переход	Физический смысл события	Направление формирования условий	Обозначение
$S_0 \rightarrow S_{OCB}$	Нанесение огневого удара		λ_{OCB}
$S_0 \rightarrow S_{ACU}$	Формирование управляющего воздействия		λ_{ACU}
$S_0 \rightarrow S_{РЭБ}$	Выполнение мероприятия РЭБ		$\lambda_{РЭБ}$
$S_{OCB} \rightarrow S_{OCB}^A$	Выигрыш ОСВ стороны А		λ_{OCB_A}
$S_{OCB} \rightarrow S_{OCB}^B$	Выигрыш ОСВ стороны В		λ_{OCB_B}
$S_{ACU} \rightarrow S_{ACU}^A$	Выигрыш АСУ стороны А		λ_{ACU_A}
$S_{ACU} \rightarrow S_{ACU}^B$	Выигрыш АСУ стороны В		λ_{ACU_B}
$S_{РЭБ} \rightarrow S_{РЭБ}^A$	Выигрыш системы РЭБ стороны А		$\lambda_{РЭБ_A}$
$S_{РЭБ} \rightarrow S_{РЭБ}^B$	Выигрыш системы РЭБ стороны В		$\lambda_{РЭБ_B}$
$S_{ACU}^A \rightarrow S_{OCB}^A$	Передача команд целераспределения ОСВ стороны А	Восходящее	$\lambda_{ACU_OCB_A}$
$S_{OCB}^A \rightarrow S_{ACU}^A$	Нанесение огневого удара по объектам АСУ стороны В. Обеспечение выигрыша в конфликте АСУ стороны А	Нисходящее	$\lambda_{OCB_ACU_A}$
$S_{OCB}^A \rightarrow S_{РЭБ}^A$	Нанесение огневого удара по объектам системы РЭБ стороны В. Обеспечение выигрыша в конфликте системы РЭБ стороны А	Нисходящее	$\lambda_{OCB_РЭБ_A}$
$S_{ACU}^B \rightarrow S_{OCB}^B$	Передача команд целераспределения ОСВ стороны В	Восходящее	$\lambda_{ACU_OCB_B}$
$S_{OCB}^B \rightarrow S_{ACU}^B$	Нанесение огневого удара по объектам АСУ стороны А. Обеспечение выигрыша в конфликте АСУ стороны В	Нисходящее	$\lambda_{OCB_ACU_B}$
$S_{OCB}^B \rightarrow S_{РЭБ}^B$	Нанесение огневого удара по объектам системы РЭБ стороны А. Обеспечение выигрыша в конфликте системы РЭБ стороны В	Нисходящее	$\lambda_{OCB_РЭБ_B}$
$S_{РЭБ}^A \rightarrow S_{ACU}^A$	Подавление объектов АСУ стороны В. Обеспечение выигрыша в конфликте АСУ стороны А	Восходящее	$\lambda_{РЭБ_ACU_A}$
$S_{ACU}^A \rightarrow S_{РЭБ}^A$	Передача команд целераспределения для системы РЭБ стороны А	Нисходящее	$\lambda_{ACU_РЭБ_A}$
$S_{РЭБ}^B \rightarrow S_{ACU}^B$	Подавление объектов АСУ стороны А. Обеспечение выигрыша в конфликте АСУ стороны В	Восходящее	$\lambda_{РЭБ_ACU_B}$
$S_{ACU}^B \rightarrow S_{РЭБ}^B$	Передача команд целераспределения для системы РЭБ стороны В	Нисходящее	$\lambda_{ACU_РЭБ_B}$

Определение вероятностей событий формирования названных выше условий (состояний графа) требует формализации единого физического пространства состояний противоборствующих систем в виде системы уравнений Колмогорова [35], учитывающей все 19 параметров конфликтного взаимодействия. Решение данной системы уравнений позволяет получить зависимости вероятностей нахождения в выигрышном и проигрышном состояниях конфликта сторон на всех представленных на рис. 2 уровнях конфликтного взаимодействия (ОСВ, АСУ, РЭБ).

Тогда процесс конфликта будет описываться следующей системой однородных дифференциальных уравнений (5), в которой для упрощения поиска ее решения восьмое (одно из самых сложных) уравнение заменено нормирующим условием.

Аналитическое решение данной системы возможно с использованием различных методов решения однородных дифференциальных уравнений первого порядка (метод исключения, Эйлера, операторным методом), но результаты решения относительно всех исследуемых переменных будут представлять достаточно сложные выражения, а процесс нахождения решения будет достаточно трудоемким. Развитие численных методов и их реализация в доступных средах моделирования позволяют получить быстро достаточно решение, с которым допустимы операции дифференцирования и интегрирования.

Поэтому для решения данной системы однородных дифференциальных уравнений используем конечноразностный многошаговый метод численного интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка – метод Адамса, реализованный в среде MathCad [36]. С применением численной реализации данного метода можно вычислить значения вероятностей во всех исследуемых состояниях в зависимости от времени t .

Пример исследования конфликтного взаимодействия

Естественно считать, что при таком рассмотрении борьбы за превосходство в управлении РЭБ каждая из сторон стремится осуществить упреждающее воздействие на системы управления РЭБ, а также опережающую передачу информации на средства поражения, поражение средств (вооружения, военных объектов и военной техники) противостоящей группировки. При подобном динамизме событий достаточно важным процессом является сбалансированный выбор объектов воздействия и динамическое распределения сил и средств РЭП, огневого поражения и СПВ, который влияет на эффективность применения ОСВ.

$$\left\{ \begin{aligned}
 \frac{d}{dt} P_{S_0}(t) &= -(\lambda_{OCB} + \lambda_{ACV} + \lambda_{PЭБ}) P_{S_0}(t); \\
 \frac{d}{dt} P_{OCB}(t) &= \lambda_{OCB} P_{S_0}(t) - (\lambda_{OCB_A} + \lambda_{OCB_B}) P_{OCB}(t); \\
 \frac{d}{dt} P_{ACV}(t) &= \lambda_{ACV} P_{S_0}(t) - (\lambda_{ACV_A} + \lambda_{ACV_B}) P_{ACV}(t); \\
 \frac{d}{dt} P_{PЭБ}(t) &= \lambda_{PЭБ} P_{S_0}(t) - (\lambda_{PЭБ_A} + \lambda_{PЭБ_B}) P_{PЭБ}(t); \\
 \frac{d}{dt} P_{OCB_A}(t) &= \lambda_{OCB_A} P_{OCB}(t) + \lambda_{ACV_OCB_A} P_{ACV_A}(t) - \\
 &\quad - (\lambda_{OCB_ACV_A} + \lambda_{OCB_PЭБ_A}) P_{OCB_A}(t); \\
 \frac{d}{dt} P_{OCB_B}(t) &= \lambda_{OCB_B} P_{OCB}(t) + \lambda_{ACV_OCB_B} P_{ACV_B}(t) - \\
 &\quad - (\lambda_{OCB_ACV_B} + \lambda_{OCB_PЭБ_B}) P_{OCB_B}(t); \\
 \frac{d}{dt} P_{ACV_A}(t) &= \lambda_{ACV_A} P_{ACV}(t) + \lambda_{OCB_ACV_A} P_{OCB_A}(t) + \\
 &\quad + \lambda_{PЭБ_ACV_A} P_{PЭБ_A}(t) - (\lambda_{ACV_OCB_A} + \lambda_{ACV_PЭБ_A}) P_{ACV_A}(t); \\
 \frac{d}{dt} P_{PЭБ_A}(t) &= \lambda_{PЭБ_A} P_{PЭБ}(t) + \lambda_{ACV_PЭБ_A} P_{ACV_A}(t) + \\
 &\quad + \lambda_{OCB_PЭБ_A} P_{OCB_A}(t) - \lambda_{PЭБ_ACV_A} P_{PЭБ_A}(t); \\
 \frac{d}{dt} P_{PЭБ_B}(t) &= \lambda_{PЭБ_B} P_{PЭБ}(t) + \lambda_{ACV_PЭБ_B} P_{ACV_B}(t) + \\
 &\quad + \lambda_{OCB_PЭБ_B} P_{OCB_B}(t) - \lambda_{PЭБ_ACV_B} P_{PЭБ_B}(t); \\
 P_{S_0}(t) + P_{OCB}(t) + P_{ACV}(t) + P_{PЭБ}(t) + P_{OCB_A}(t) + P_{OCB_B}(t) + \\
 &\quad + P_{ACV_A}(t) + P_{ACV_B}(t) + P_{PЭБ_A}(t) + P_{PЭБ_B}(t) = 1.
 \end{aligned} \right. \quad (5)$$

С учетом этого, в качестве показателей эффективности борьбы за превосходство (вклада превосходства стороны В в управлении РЭБ в выигрыш ОСВ) используем отношение вероятностей нахождения в выигрышном и проигрышном состояниях конфликта ОСВ противоборствующих сторон, соответственно состояний S_{OCB}^B и S_{OCB}^A :

$$W(\Lambda, t) = \frac{P(S_{OCB}^B, \Lambda, t)}{P(S_{OCB}^A, \Lambda, t)} = \frac{P_{OCB_B}(\Lambda, t)}{P_{OCB_A}(\Lambda, t)}, \quad (6)$$

где $P_{OCB_B}(\Lambda, t)$ ($P_{OCB_A}(\Lambda, t)$) – вероятность выигрыша ОСВ стороны В(А) при заданных значениях множеств параметров Λ .

Превышение показателя $W(\Lambda, t)$ единичного значения говорит о превосходстве ОСВ стороны В над ОСВ стороны А в момент времени t . Тогда для различных наборов значений $\Lambda_1, \Lambda_2, \Lambda_3$, характеризующих технические и вероятностно-временные характеристики систем и средств противоборствующих

сторон, можно выявить различные моменты времени t_1, t_2 и t_3 достижения превосходства ОСВ стороны В над стороной А. Это предполагает возможность оперативного управления ОСВ и РЭБ в динамике операции. Зависимость превосходства ОСВ стороны В над ОСВ стороны А представлена на рис. 4. Также полученная зависимость позволяет провести анализ области достижения превосходства $W(\Lambda, t) > 1$ от задаваемых характеристик подсистем противника и своих подсистем Λ .

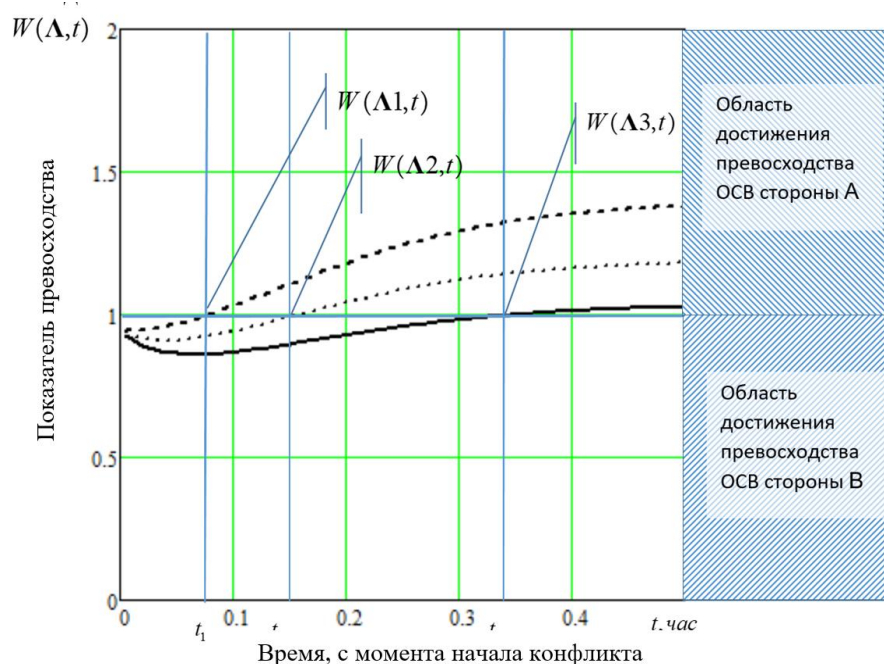


Рис. 4. Зависимость превосходства ОСВ стороны В над ОСВ стороны А $W(\Lambda, t)$

Анализ зависимостей значений времени достижения превосходства ОСВ стороны В над ОСВ стороны А, приведенных на рис. 4, показывает, что при различных значениях множеств Λ время достижения превосходства является различным. Задавая с учетом ограничений значения параметров множеств Λ , характеризующих возможности своих сил и средств, можно решить задачу минимизации времени достижения превосходства в применении ОСВ, в том числе и при неблагоприятных начальных условиях в виде:

$$\arg \min_{\Lambda^B} (W(\Lambda, t) - 1), \quad (7)$$

где Λ^B — параметры, характеризующие системы и средства стороны В. Для обоснования сбалансированного состава сил и средств РЭБ и огневого поражения рассмотрим влияние объемов выделяемого ресурса на начальном этапе конфликта (состояние S_0) на достижение превосходства ОСВ. Допустим, что есть некий ресурс управления (возможности формирования управляющих воздействий системой управления), направляемый на решение задач на уровнях применения ОСВ, процессов управления и системы РЭБ, с суммарной возможностью формирования до 50 управляющих воздействий в единицу времени (один

час), при этом $\lambda_{OCB} + \lambda_{ACV} + \lambda_{PЭБ} = 50$. Ограничения ресурса управления определяются возможностями системы управления (штабы) по оценке обстановки, принятию решения и передачи донесений (указаний, распоряжений и приказов) до управляемых систем и объектов. Естественно, что различные варианты выделения этого ресурса приводят различным значениям времени достижения превосходства ОСВ (момента выполнения условия, когда $W(\Lambda, t) > 1$). Решая задачу распределения этого ресурса по управлению ОСВ, АСУ и РЭБ в граничном условии

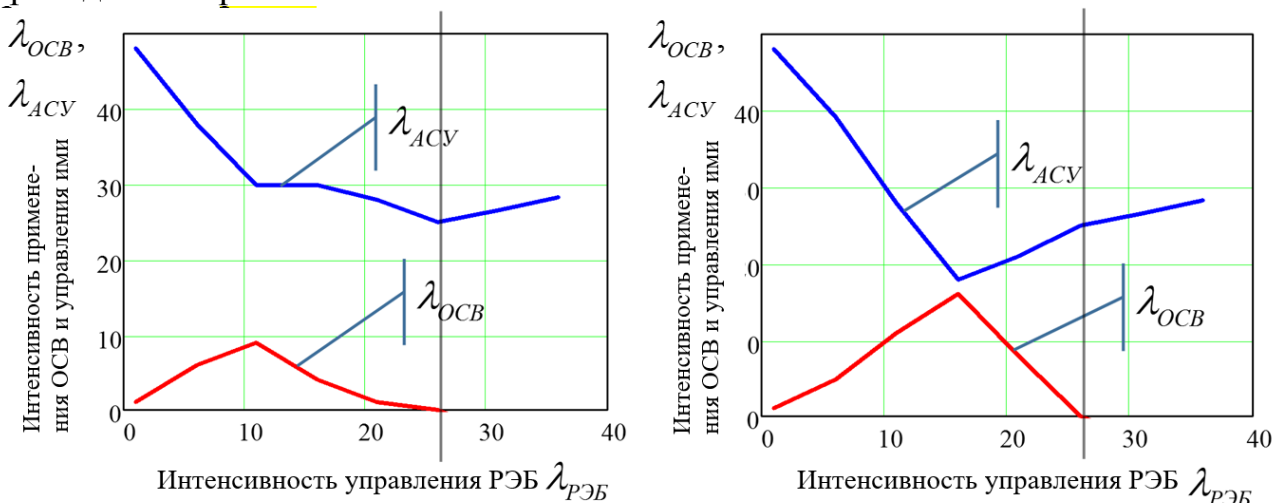
$$\arg_{\lambda_{OCB}, \lambda_{ACV}, \lambda_{PЭБ}} W(\lambda_{OCB}, \lambda_{ACV}, \lambda_{PЭБ}, t^*) = 1, \quad (8)$$

и ограничениях:

$$\lambda_{OCB} < \lambda_{PЭБ} < \lambda_{ACV}, \quad (9)$$

$$\lambda_{OCB} + \lambda_{ACV} + \lambda_{PЭБ} = 50 \quad (10)$$

и оптимальном времени t^* , можно получить различные сочетания значений объемов выделяемых ресурсов, приводящих к выигрышу ОСВ стороны В. Полученные зависимости для различных параметров конфликта $\Lambda 4$ и $\Lambda 5$, показывающие распределение ресурса в виде соответствующих линий приведены на рис. 5.



а) для варианта $\Lambda 4$

б) для варианта $\Lambda 5$

Рис. 5. Распределение ресурса управления на начальном этапе конфликта

Приведенные зависимости позволяют провести анализ области достижения превосходства $W(\Lambda, t) > 1$ от задаваемых характеристик своих систем управления и РЭБ, в том числе на начальном этапе конфликта в неблагоприятных условиях. При этом четко прослеживаются точки перегиба полученных кривых, которые характеризуют изменение градиента функции эффективности автоматизированного управления и применения ОСВ в зависимости от эффективности управления РЭБ. Следует отметить, что полученные результаты подтверждают некоторые «фантастические» выводы о возможности выигрыша в вооруженном конфликте без единого выстрела, но со значительным привлечением (более 50 % от всей группировки сил и средств) ресурса РЭБ $\lambda_{PЭБ} \geq 25$ и

эффективным управлением $\lambda_{ACV} \geq 25$. В то же время, не менее интересен результат анализа зависимости превосходства ОСВ $W(\Lambda, t)$ от интенсивности передачи команд (сообщений) от системы РЭБ в АСУ $\lambda_{РЭБ_АСУ_B}$ и интенсивности передачи команд для ОСВ из АСУ $\lambda_{АСУ_ОСВ_B}$ при фиксированных значениях остальных показателей интенсивностей переходов и времени t . Полученные зависимости приведены на рис. 6.

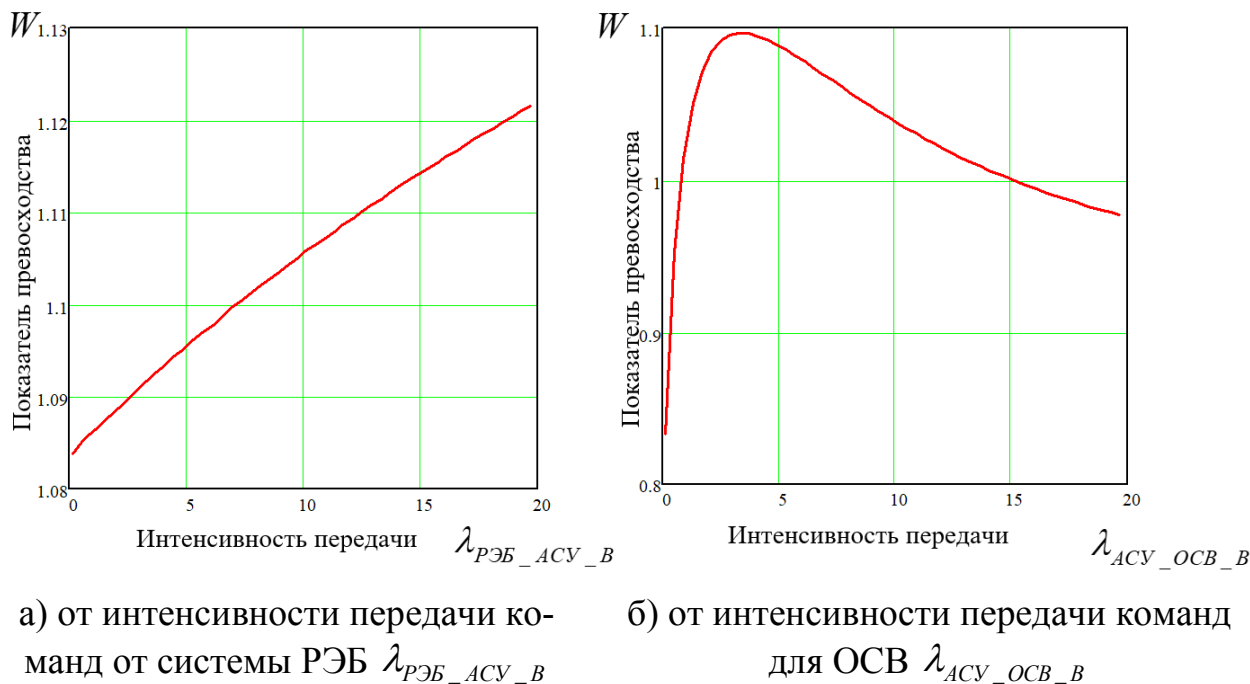


Рис. 6. Зависимость превосходства ОСВ W от интенсивности передачи команд

Анализируя характер полученных зависимостей, можно сделать вывод о монотонно возрастающей зависимости превосходства ОСВ W от интенсивности передачи команд (сообщений) от системы РЭБ $\lambda_{ИТВ_АСУ_B}$ в АСУ. Это говорит о важности задействования средств РЭБ в интересах исполнительной разведки ОСВ и нелинейному возрастанию эффективности комплексного применения огневых средств и средств РЭБ. Данный вывод подтверждает эффективность интеграции средств РЭБ и ОСВ с помощью средств автоматизированного управления в виде единой помехово-огневой системы.

Экстремальный же характер зависимости превосходства ОСВ W от интенсивности передачи команд для ОСВ $\lambda_{АСУ_ОСВ_B}$ позволяет обосновать оптимальные параметры информационного обмена между ОСВ и объектами АСУ в интересах решения задач борьбы за превосходство в управлении. Анализ данной зависимости подтверждает выводы о необходимости организации эффективного взаимодействия между ОСВ и системой РЭБ в виде отдельного контура управления. Это показывает основную динамику роста значений вероятностей до (90 %) в начальные 40 минут конфликта, что позволяет, при эффектив-

ном планировании и ведении РЭБ, достичь первичного общего информационного превосходства и, как следствие, обеспечить в последующем выполнение функциональных боевых задач ОСВ соединений и объединений СВ.

Выводы

Таким образом, в условиях постоянной борьбы за завоевание и удержание информационного превосходства в современных операциях важным элементом боевых действий является борьба за превосходство в управлении силами и средствами РЭБ. Основным исполнительным элементом завоевания превосходства в управлении силами и средствами РЭБ является объединённая система РЭБ и ОСВ, которая становится частью боевого компонента современных боевых действий любого масштаба.

Предлагаемое многими авторами аналитическое описание взаимодействия сложных систем и динамики боя системами дифференциальных, интегродифференциальных уравнений (уравнениями Колмогорова) [7, 37-39], в том числе и с запаздывающими аргументами, и последующее решение таких систем уравнений позволяли получить количественные характеристики конфликтных процессов и вероятностно-временные характеристики исхода конфликта. Строгие решения таких систем уравнений всегда приводят только к двум исходам конфликта, находящимся в прямой зависимости от количества имеющихся ресурсов конфликтующих сторон. Однако, в отличие от них, в рассматриваемом многоуровневом с обоюдным формированием условий конфликтном взаимодействии противоборствующих сторон применительно к ведению современных высокоорганизованных боевых действий в условиях борьбы за превосходство в управлении показано, что любая ситуация в конфликте систем, борющихся за превосходство в управлении, всегда содержит возможность победы системы с меньшим ресурсом.

При этом очень важно динамично, в зависимости от условий конфликта противоборствующих сторон, перераспределять ресурсы огневого поражения, помеховых и СПВ для поражения объектов АСУ РЭБ противника. Проблемы динамического сбалансированного перераспределения сил и средств РЭП, огневого поражения и СПВ, выделяемых для завоевания превосходства в управлении РЭБ, являются вопросами дальнейших исследований.

Литература

1. Балыбин В. А. Завоевание превосходства над противником в управлении применительно к операции (бою) // Военная мысль. 2016. № 3. С. 3-8.
2. Козирацкий Ю. Л., Будников С. А., Скопин Д. В. Об упреждающем применении средств радиоэлектронной борьбы // Военная мысль. 2010. № 2. С. 52-57.
3. Донсков Ю. Е., Морареску А. Л., Беседин П. Н. Завоевание превосходства в управлении как цель применения войск радиоэлектронной борьбы в операциях объединения сухопутных войск // Военная мысль. 2018. № 1. С. 28-32.

4. Никитин О. Г., Королев И. И., Козлитин С. Н. Проблемные вопросы определения способов боевого применения сил и средств РЭБ объединения СВ как рода войск // Военная мысль. 2016. № 9. С. 14-19.
5. Забегалин Е. В. К вопросу об определении термина «информационно-техническое воздействие» // Системы управления, связи и безопасности. 2018. № 2. С. 121-150.
6. Макаренко С. И., Михайлов Р. Л. Информационные конфликты - анализ работ и методологии исследования // Системы управления, связи и безопасности. 2016. № 3. С. 95-178.
7. Моудер Дж., Элмаграби С. Исследование операций. Том 1. – М.: Мир, 1981. – 712 с.
8. Саати Т. Л. Математические модели конфликтных ситуаций. – М.: Советское радио, 1977. – 170 с.
9. Ашкеназа В. О. Применение теории игр в военном деле. – М.: Советское радио, 1961. – 360 с.
10. Malik R. K., Scholtz R. A., Papavassilopoulos G. P. Analysis of an On-Off Jamming Situation as a Dynamic Game // IEEE Transactions on communications. 2000. Vol. 48. № 8. pp.1360-1373.
11. Светлов В. А. Аналитика конфликта. – М.: URSS, 2001. – 485 с.
12. Агафонов А. А., Артюх С. Н., Афанасьев В. И., Афанасьева Е. М., Бостынец И. П., Быков В. В., Донцов А. А., Ермаков А. И., Калинин А. К., Каунов А. Е., Кирсанов Э. А., Лаптев И. В., Ложкин К. Ю., Марек Я. Л., Миронов В. А., Нечаев С. С., Новиков И. И., Овчаренко Л. А., Огреб С. М., Поддубный В. Н., Понькин В. А., Радзиевский В. Г., Разиньков С. Н., Романов А. Д., Рыжов А. В., Сирота А. А., Соловьев В. В., Сорокин Ю. А., Сухоруков Ю. С., Телков А. Ю., Уфаев В. А., Харченко Т. В., Юхно П. М., Яньшин С. Н. Современная радиоэлектронная борьба. Вопросы методологии. – М.: Радиотехника, 2006. – 424 с.
13. Куприянов А. И., Сахаров А. В. Теоретические основы радиоэлектронной борьбы. – М.: Вузовская книга, 2007. – 356 с.
14. Дружинин В. В., Конторов Д. С. Конфликтная радиолокация. – М.: Радио и связь, 1982. – 124 с.
15. Дружинин В. В., Конторов Д. С., Конторов М. Д. Введение в теорию конфликта. – М.: Радио и связь, 1989. – 288 с.
16. Владимиров В. И., Владимиров И. В. Основы оценки конфликтно-устойчивых состояний организационно-технических систем (в информационных конфликтах). – Воронеж: ВАИУ, 2008. – 231 с.
17. Козирацкий Ю. Л., Губарев В. А., Шляхин В. М. Особенности моделирования сложного коалиционного конфликта в условиях противодействия // Радиотехника. 1997. № 6. С. 43-46.
18. Козирацкий А. Ю. Методический подход к учету влияния демаскирующих признаков лазерно-локационных систем на качественные характеристики конфликтного обнаружения // Радиотехника. 1997. № 11. С. 99-103.
19. Подлужный В. И., Овчаренко Л. А., Козирацкий А. Ю., Федукевич З. Б. Методический подход к построению моделей

информационного конфликта, обеспечивающих детальный анализ выигрышных состояний // Радиосистемы. 2004. № 80. С.63-67.

20. Кузнецов В. И. Радиосвязь в условиях радиоэлектронной борьбы. – Воронеж: ВНИИС, 2002. – 403 с.

21. Кузнецов В. И. Системное проектирование радиосвязи. Часть 1. Системотехника. – Воронеж: ВНИИС, 1994. – 287 с.

22. Каркоцкий В. Л., Шляхин В. М., Яковлев Ю. В. Конфликтно-обусловленные выигрыши сторон в условиях противодействия // Радиотехника. 1992. № 7-8. С. 3-6.

23. Вершинин Н. Н., Щурков В. Н. Математические методы моделирования и анализа информационных конфликтов. – Пенза: Пензенский государственный университет, 2004. – 210 с.

24. Малафеев О. А., Муравьев А. И. Математические модели конфликтных ситуаций и их разрешение. Том 1. Общая теория и вспомогательные сведения. – СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет экономики и финансов, 2000. – 283 с.

25. Прилепский В. В. Конфликты в информационно-телекоммуникационных системах. Часть 1. – Воронеж: Воронежский государственный университет, 2004. – 145 с.

26. Смольяков Э. Р. Теория конфликтных равновесий. – М.: URSS, 2005. – 301 с.

27. Толстых Н. Н., Павлов В. А., Воробьева Е. И. Введение в теорию конфликтного функционирования информационных и информационно-управляющих систем. – Воронеж: Воронежский государственный университет, 2003. – 168 с.

28. Петров Н. Н. Конфликтно управляемые процессы со многими участками и дополнительными ограничениями: Автореф. дис. докт. физ.-мат. наук. – Екатеринбург: Институт математики и механики УрО РАН, 2007. – 32 с.

29. Донсков Ю. Е., Морареску А. Л., Панасюк В. В. К вопросу о дезорганизации управления войсками (силами) и оружием // Военная мысль. 2017. № 8. С. 19-26.

30. Донсков Ю. Е., Фомин В. В. Информационное превосходство: пути реализации в операциях // Военная мысль. 2003. № 11. С. 57-61.

31. Будников С. А., Козирацкий Ю. Л., Паринов М. Л. Обобщенная модель конфликта основных систем вооружения // Вооружение и экономика. 2011. № 1 (13). С. 13-23.

32. Военный энциклопедический словарь. Том 2. – М.: Рипол классик, 2001. – 816 с.

33. Вентцель Е. С., Овчаров Л. А. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения. – М.: Высшая школа, 2000. – 383 с.

34. Алексеев О. Г., Анисимов В. Г., Анисимов Е. Г. Марковские модели боя. – М.: МО СССР, 1985. – 85 с.

35. Вентцель Е. С. Исследование операций. – М.: Советское радио, 1972. – 552 с.

36. Охорзин В. А. Оптимизация экономических систем. Примеры и алгоритмы в среде Mathcad. – М.: Финансы и статистика, 2005. – 144 с.
37. Абчук В. А. Справочник по исследованию операций. – М.: Воениздат, 1979. – 368 с.
38. Раскин Л. Г. Анализ сложных систем и элементы теории оптимального управления. – М.: Советское радио, 1976. – 344 с.
39. Тараканов К. В., Овчаров Л. А., Тырышкин А. Н. Аналитические методы исследования систем. – М.: Советское радио, 1974. – 240 с.

References

1. Balybin V. A. Zavoevanie prevoshodstva nad protivnikom v upravlenii primenitel'no k operacii (boju) [The Conquest of Management Superiority over the Enemy in Operation (Combat)]. *Military thought*, 2016, no. 3, pp. 3-8 (in Russian).
2. Koziratsky Yu. L., Budnikov S. A., Skopin D. V. Ob uprezhdajushhem primenении sredstv radioelektronnoj bor'by [On the Pre-emptive use of Electronic Warfare]. *Military Thought*, 2010, no. 2, pp. 52-57 (in Russian).
3. Donskov Yu. E., Morarescu A. L., Besedin P. N. Zavoevanie prevoshodstva v upravlenii kak cel' primeneniya vojsk radioelektronnoj bor'by v operacijah ob#edineniya suhoputnyh vojsk [The Conquest of Management Superiority as the Purpose of the Use of Electronic Warfare Troops in Army Operations]. *Military Thought*, 2018, no. 1, pp. 28-32 (in Russian).
4. Nikitin O. G., Korolev I. I., Kozlitin S. N. Problemnye voprosy opredeleniya sposobov boevogo primeneniya sil i sredstv RJeB ob#edineniya SV kak roda vojsk [Problematic Issues of Determining the Methods of Combat Use of Electronic Warfare Forces and Means of the Army Association as a Kind of Troops]. *Military Thought*, 2016, no. 9, pp. 14-19 (in Russian).
5. Zabegalin E. V. A Question of Definition of the Term «Information and Technical Impact». *Systems of Control, Communication and Security*, 2018, no. 2, pp. 121-150 (in Russian).
6. Makarenko S. I., Mikhailov R. L. Information Conflicts – Analysis of Papers and Research Methodology. *Systems of Control, Communication and Security*, 2016, no. 3, pp. 95-178 (in Russian).
7. Moder J. J., Elmaghraby S. E. *Handbook of Operations Research*. Volume 1. New York, Litton Education Publ., 1978. 656 p.
8. Saati T. L. *Matematicheskie modeli konfliktnyh situacij* [Mathematical Models of Conflict Situations]. Moscow, Soviet Radio Publ., 1977. 170 p. (in Russian).
9. Ashkenaza V. A. *Primenenie teorii igr v voennom dele* [Application of Game Theory in Military Affairs]. Moscow, Soviet Radio Publ., 1961. 360 p. (in Russian).
10. Malik R. K., Scholtz R. A., Papavassilopoulos G. P. Analysis of an On-Off Jamming Situation as a Dynamic Game. *IEEE Transactions on communications*, 2000, vol. 48, no. 8, pp. 1360-1373.

11. Svetlov V. A. *Analitika konflikta* [Conflict Analysis]. Moscow, URSS Publ., 2001. 485 p. (in Russian).
12. Agafonov A. A., Artiukh S. N., Afanas'ev V. I., Afanas'eva E. M., Bostynets I. P., Bykov V. V., Dontsov A. A., Ermakov A. I., Kalinkov A. K., Kaunov A. E., Kirsanov E. A., Laptev I. V., Lozhkin K. Iu., Marek Ia. L., Mironov V. A., Nechaev S. S., Novikov I. I., Ovcharenko L. A., Ogreb S. M., Poddubnyi V. N., Pon'kin V. A., Radzievskii V. G., Razin'kov S. N., Romanov A. D., Ryzhov A. V., Sirota A. A., Solov'ev V. V., Sorokin Iu. A., Sukhorukov Iu. S., Telkov A. Iu., Ufaev V. A., Kharchenko T. V., Iukhno P. M., Ian'shin S. N. *Sovremennaya radioelektronnaia bor'ba. Voprosy metodologii* [Modern Electronic Warfare. Methodology Issues]. Moscow, Radiotekhnika Publ., 2006. 424 p. (in Russian).
13. Kupriyanov A. I., Sakharov A. V. *Teoreticheskie osnovy radioelektronnoy bor'by* [Theoretical Foundations of Electronic Warfare]. Moscow, University Book, 2007. 356 p. (in Russian).
14. Druzhinin V. V., Kontorov D. S. *Konfliktnaya radiolokacija* [Radar Conflict]. Moscow, Radio and Communication Publ., 1982. 124 p. (in Russian).
15. Druzhinin V. V., Kontorov D. S., Kontorov M. D. *Vvedenie v Teoriju Konflikta* [Introduction to Conflict Theory]. Moscow, Radio and Communication Publ., 1989. 288 p. (in Russian).
16. Vladimirov V. I., Likhachev V. P., Shliakhin V. M. *Antagonisticheskii Konflikt Radioelektronnykh Sistem. Metody i Matematicheskie Modeli* [Antagonistic Conflict of Electronic Systems. Methods and Mathematical Models]. Moscow, Radiotekhnika Publ., 2004. 384 p. (in Russian).
17. Koziratsky Yu. L., Gubarev V. A., Shlyakhin V. M. Osobennosti modelirovaniya slozhnogo koalitsionnogo konflikta v usloviyakh protivodeystviya [Features of modeling a complex coalition conflict under counteraction conditions]. *Radiotekhnika*. 1997. no. 6. pp. 43-46 (in Russian).
18. Koziratsky A. Yu. Metodicheskij podhod k uchetu vlijanija demaskirujushhih priznakov lazerno-lokacionnykh sistem na kachestvennye harakteristiki konfliktного obnaruzhenija [Methodical Approach to Accounting for the Influence of Unmasking Features of Laser-Location Systems on the Qualitative Characteristics of Conflict Detection]. *Radiotekhnika*, 1997, no. 11, pp. 99-103 (in Russian).
19. Podluzhnyj V. I., Ovcharenko L. A., Koziratskij A. Yu., Fedukovich Z. B. Metodicheskij podhod k postroeniju modelej informacionnogo konflikta, obespechivajushhih detal'nyj analiz vyigryshnyh sostojanij [Methodical Approach to the Construction of Models of Information Conflict, Providing a Detailed Analysis of Winning States]. *Radiosistemy*, 2004, no. 80, pp. 63-67 (in Russian).
20. Kuznecov V. I. *Radiosvyaz' v usloviyakh radioelektronnoy bor'by* [Radio Communication in Electronic Warfare]. Voronezh, Voronezh Research Institute of Communications, 2002. 403 p. (in Russian).
21. Kuznetsov V. I. *Sistemnoe proektirovanie radiosvjazi. Chast' 1. Sistemotekhnika* [System Design of Radio Communication. Part 1. System

Engineering]. Voronezh, Voronezh Research Institute of Communications, 1994. 287 p. (in Russian).

22. Karkockij V. L., Shljahin V.M., Yakovlev Yu. V. Konfliktno-obuslovlennye vyigryshi storon v usloviyah protivodejstviya [Conflict-related Gains of the Parties in the Conditions of Counteraction]. *Radiotekhnika*, 1992, no. 7-8, pp. 3-6 (in Russian).

23. Vershinin N. N., Shhurkov V. N. *Matematicheskie metody modelirovaniya i analiza informacionnykh konfliktov* [Mathematical Methods of Modeling and Analysis of the Information Conflicts]. Penza, Penza State University Publ., 2004. 210 p. (in Russian).

24. Malafeev O. A., Muravev A. I. *Matematicheskie modeli konfliktnykh situacij i ih razreshenie. Tom 1. Obshhaja teorija i vspomogatel'nye svedeniya* [Mathematical Models of Conflict Situations and their Resolution. Vol. 1. General Theory and Supporting Information]. Saint Petersburg, Saint Petersburg State University of Economics and Finance, 2000. 283 p. (in Russian).

25. Prilepsky V. V. *Konflikty v informacionno-telekommunikacionnykh sistemah. Chast' 1.* [Conflicts in Information and Telecommunication Systems. Part 1]. Voronezh, Voronezh State University Publ., 2004. 145 p. (in Russian).

26. Smolyakov E. R. *Teorija konfliktnykh ravnovesij* [Theory of Conflict Equilibria]. Moscow, URSS Publ., 2005. 301 pp. (in Russian).

27. Tolstykh N. N., Pavlov V. A., Vorobyova E. I. *Vvedenie v teoriju konfliktного funkcionirovaniya informacionnykh i informacionno-upravljajushhih sistem* [Introduction to the Theory of Conflict Functioning of Information and Information-Control Systems]. Voronezh, Voronezh State University Publ., 2003. 168 p. (in Russian).

28. Petrov N. N. *Konfliktno Upravljaemye Processy so Mnogimi Uchastkami i Dopolnitel'nymi Ogranichenijami. Dis. dokt. fiz.-mat. nauk* [Conflict-Controlled Processes with Many Sections and Additional Restrictions. Extended Abstract of Dr. habil. Thesis]. Ekaterinburg, Mathematics and Mechanics Institute of URO RAS, 2007. 32 p. (in Russian).

29. Donskov Yu. E., Morarescu A. L., Panasyuk V. V. K voprosu o dezorganizacii upravleniya vojskami (silami) i oruzhiem [On the Issue of Troops (Forces) and Weapons Management Disorganization]. *Military Thought*, 2017, no. 8, pp. 19-26 (in Russian).

30. Donskov Yu. E., Fomin V. V. Informacionnoe prevoshodstvo: puti realizacii v operacijah [Information Superiority: Implementation Paths in Operations]. *Military Thought*, 2003, no. 11, pp. 57-61 (in Russian).

31. Budnikov S. A., Koziratskii Iu. L., Parinov M. L. Obobshchennaia Model' Konflikta Osnovnykh Sistem Vooruzheniia [The Generalized Conflict Model of the Main Weapons Systems]. *Armament and Economy*, 2011, no. 1 (13), pp. 13-23 (in Russian).

32. Voennyj jenciklopedicheskij slovar'. Tom 1 [Military Encyclopedic Dictionary. Vol. 2.]. Moscow, Ripol classic Publ., 2001. 816 p. (in Russian).

33. Ventzel E. S., Ovcharov L. A. *Teorija sluchajnyh processov i ee inzhenernye prilozhenija* [Theory of Random Processes and its Engineering Applications]. Moscow, Higher School Publ., 2000. 383 p. (in Russian).
34. Alekseev O. G., Anisimov V. G., Anisimov E. G. *Markovskie Modeli Boia* [Markov Combat Models]. Moscow, Ministry of Defense of the USSR, 1985. 85 p. (in Russian).
35. Ventzel E. S. *Issledovanie operacij* [Operations Research]. Moscow, Soviet Radio Publ., 1972. 552 p. (in Russian).
36. Ohorzin V. A. *Optimizacija jekonomicheskikh sistem. Primery i algoritmy v srede Mathcad* [Optimization of economic systems. Examples and algorithms in Mathcad]. Moscow, Finance and Statistics Publ., 2005. 144 p. (in Russian).
37. Abchuk V. A. *Spravochnik po Issledovaniiu Operatsii* [Operations Research Handbook]. Moscow, Voenizdat Publ., 1979. 368 p. (in Russian).
38. Raskin L. G. *Analiz slozhnyh sistem i jelementy teorii optimal'nogo upravlenija* [Analysis of Complex Systems and Elements of Optimal Control Theory]. Moscow, Soviet Radio Publ., 1976. 344 p. (in Russian).
39. Tarakanov K. V., Ovcharov L. A., Tyryshkin A. N. *Analiticheskie metody issledovanija sistem* [Analytical Methods for the Study of Systems]. Moscow, Soviet Radio Publ., 1974. 240 p. (in Russian).

Статья поступила 27 декабря 2019 г.

Информация об авторах

Козлитин Сергей Николаевич – соискатель ученой степени кандидата технических наук. Преподаватель кафедры автоматизированных систем управления (и информационной безопасности). Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж). Область научных интересов: радиоэлектронная борьба, автоматизированные системы управления, распределение ресурсов. E-mail: pronoksand@yandex.ru

Козирацкий Юрий Леонтьевич – доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ. Профессор кафедры радиоэлектронной борьбы (и технического обеспечения частей РЭБ). Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж). Область научных интересов: конфликтология в радиоэлектронной борьбе, развитие перспективных военных технологий информационного обеспечения радиоэлектронного поражения и радиоэлектронной защиты. E-mail: UrLeo@bk.ru

Будников Сергей Алексеевич – доктор технических наук, доцент. Профессор кафедры автоматизированных систем управления (и информационной безопасности). Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж). Область научных интересов: моделирование сложных систем, информационная безопасность, автоматизированные системы управления. E-mail: buser@bk.ru

Адрес: 394064, Россия, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, д. 54А.

Electronic warfare and fire damage means joint use modeling for improving a superiority of control struggle efficiency

S. N. Kozlitin, Yu. L. Koziratsky, S. A. Budnikov

Purpose of the work. Increased potential opportunities of joint use of electronic suppression means, fire damage means and special program impacts determine the electronic warfare (EW) operational resource (tasks) distribution need. The use of EW forces and means in combination with radio, electronic, informational and technical enemy's EW control system facilities fire damage, leads to the supremacy of control and, as a result, causes the rapid decisive superiority achievement and total initiative gain in military operation. **The aim of the work** is to study the conflict interaction of opposing sides in the form of a single conflict system. The system takes into account new internal and external system processes interactions of the electronic suppression means, fire damage means and special program effects which are used against radio, electronic, informational and technical enemy's EW control system facilities. **Methods:** mathematical methods of the multilevel hierarchical systems theory, the Markov processes theory, the probability theory, the computational mathematics theory and the graph theory are used for conflict interaction modeling. **Novelty:** the element of novelty of the presented solution is the possibility to take into account the conditions of the multi-level conflict model processes, in the form of additional arcs of the ascending and descending formation graph. The conflict includes, on the one hand, radio, electronic, informational and technical facilities from the enemy's EW control systems, and, on the other hand, fire damage and electronic suppression systems and means, special program impacts systems which are allocated to receive the superiority of control. The structure of a complex conflict is presented in the form of a sequential formation of conditions which arise in the process of conflicts in different hierarchy levels. So, such complex conflict results are the conditions for a conflict of the other level. The model which allows to determine the required probabilistic and temporal characteristics of its control subsystems and to confirm the amount of allocated resources which are needed to destroy objects of the enemy's EW control system, fire destruction resources, electronic suppression and special program effects is the **result of the work**. **Practical relevance:** the results of the work can be used in information and computing systems development. It can increase the superiority of control struggle efficiency, and, as a result, achieve high efficiency of basic weapon systems use, by taking into account new factors of fast-moving conflict processes defined by the characteristics of the enemy's subsystems, as well as, by the characteristics of our own subsystems.

Key words: electronic warfare, resource allocation, superiority of control.

Information about Authors

Sergey Nikolaevich Kozlitin – Doctoral Student. Lecturer in the Department of Automated Control Systems (and Information Security). Zhukovsky and Gagarin Military Aviation Academy. Research interests: electronic warfare, automated control systems, resource allocation. E-mail: pronoksand@yandex.ru

Yuri Leontyevich Koziratsky – Dr. habil. of Engineering Sciences, Full Professor. Professor of the Department of electronic warfare (and technical support of electronic warfare parts). Zhukovsky and Gagarin Military Aviation Academy. Research interests: conflict management in electronic warfare, the development of promising military technologies for the information support of electronic destruction and electronic defense. E-mail: UrLeo@bk.ru

Sergey Alekseevich Budnikov – Dr. habil. of Engineering Sciences, Docent. Professor at the Department of Automated Control Systems (and Information Security). Zhukovsky and Gagarin Military Aviation Academy. Research interests: modeling of complex systems, information security, automated control systems. E-mail: buser@bk.ru

Address: Russia, 394064, Voronezh, Old Bolsheviks Street, 54A.